

---

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE POTENCIA PARA SISTEMAS DIGITALES

**Alumno: CHAPARRO REYES LUIS EDGAR, UPIITA-IPN, [chaparrorreyes@gmail.com](mailto:chaparrorreyes@gmail.com)**

### Abstract

*En el presente trabajo, muestro cómo diseñar una tarjeta de potencia la cual se encarga de separar la parte lógica que da un microcontrolador de la parte de potencia, donde se encuentran los actuadores o las cargas de corriente alterna a activar. Esta tarjeta consta de cuatro pines de entrada para el control de cuatro actuadores o cargas de corriente alterna mediante señales digitales de un microcontrolador, una FPGA, un Arduino, un PIC o incluso un botón manual que de estas señales lógicas. Las cargas que soporta la tarjeta de potencia es exclusiva del Amperaje que soporte el TRIAC que usemos, tomando en cuenta que la potencia se mide en watts o en HP se muestra como calcular la potencia que puede dar la tarjeta ante un TRIAC Q2004L3-D1.*

### I. Introducción

Las etapas de Potencia fabricadas con tiristores (SCR, TRIACS) ayudan a interconectar los sistemas digitales a otros sistemas de potencia, es decir que manejan altas corrientes para poder actuar sobre cargas resistivas o inductivas en sistemas de iluminación o en procesos industriales como en el control de velocidad de un motor, es deseable que la interconexión entre ambas etapas (la digital y la de potencia) se haga por un medio de acoplamiento que permitan aislar eléctricamente los dos sistemas. Esto se puede lograr con los dispositivos llamados OPTOACOPLADORES, mediante los cuales se obtiene un acoplamiento óptico y, al mismo tiempo, un aislamiento eléctrico, por eso el nombre de optoacoplador.

El TRIAC es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos, es decir que se puede utilizar todo el ciclo de la señal de corriente alterna, en definitiva, este dispositivo electrónico bidireccional se puede definir como un interruptor para CA (corriente alterna) como lo es un transistor para CC (corriente continua). Los TRIAC se utilizan en muchas ocasiones como alternativas al relé ya que cumplen con el mismo objetivo, su funcionamiento básico es cerrar un contacto entre sus dos terminales para dejar pasar la corriente (corriente de salida que alimenta a la carga) cuando se le aplica una pequeña corriente a otro terminal

llamado "puerta" o Gate (corriente de activación), en la figura 1 se muestra el circuito de un TRIAC y su diagrama eléctrico equivalente.

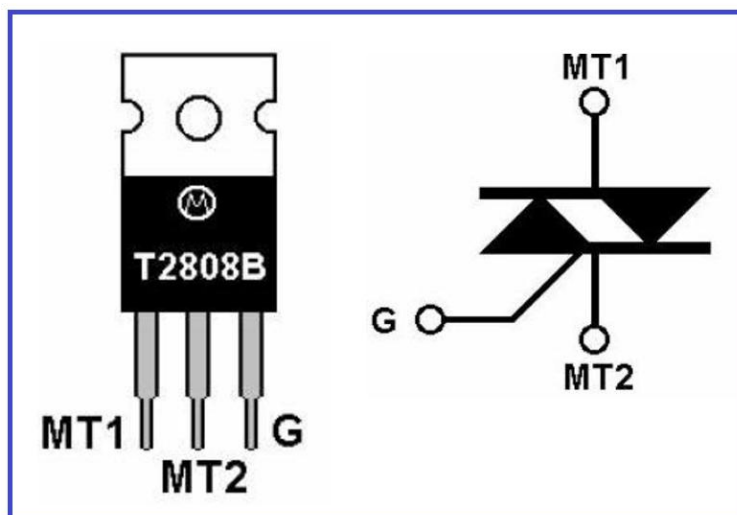


Figura 1. Ejemplo de un TRIAC y de su diagrama eléctrico equivalente

Un optoacoplador también llamado optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo semiconductor formado por un fotoemisor (led) y un fotoreceptor (fototransistor o fototriac) y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz saturando el fotoemisor al fotoreceptor, cuya conexión entre ambos es puramente óptica, dando lugar al aislamiento del sistema digital con el sistema de potencia. Todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP, en la figura 2 se muestra un ejemplo de un optoacoplador y su diagrama eléctrico.

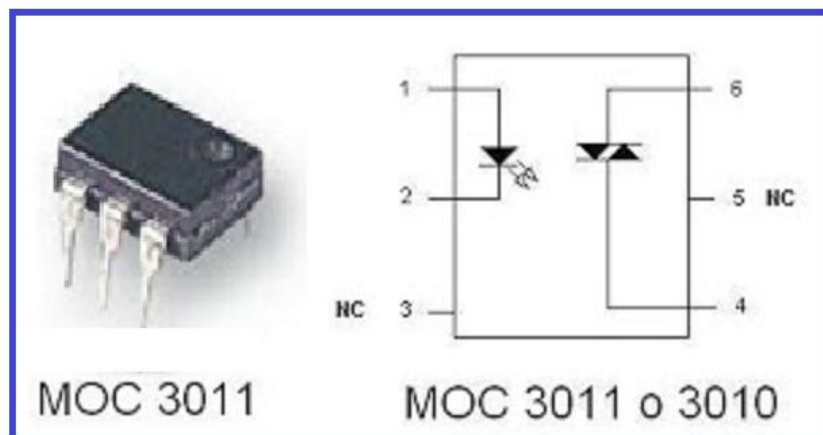


Figura 2. Ejemplo de un optoacoplador MOC3011 y de su diagrama eléctrico

## II. Desarrollo

Para el diseño de nuestra tarjeta es necesario calcular la resistencia que alimentara al fotoemisor del optoacoplador y que con una entrada de 5v, es decir un 1 lógico se encienda el led, en la hoja de especificaciones del optoacoplador MOC-3011 a utilizar (OPTOELECTRONICS, 2010) se muestra que el voltaje que consume el led es de  $V_f = 1.2v$  y que la corriente  $I_f$  máxima es de 10mA, pero cuando nuestra tarjeta este en operación abra microcontroladores que a la salida no puedan administrar 10mA por cada uno de los 4 pines que se necesitarían para activar las cuatro etapas de potencia de la tarjeta, así mismo por un diseño más eficiente mediante pruebas experimentales. Se estuvo que modificando las resistencias para ver cuál era la corriente mínima con la que se encendía el led fotoemisor y que este pudiera mandar una señal de saturación al fotoemisor, esta corriente mínima de operación es de 2mA. En base a estas pruebas de corriente mínima para la saturación, se determinó que la corriente que le suministraremos al led y que se le exigirá a cualquier microcontrolador al que conectemos la tarjeta será de 3.8mA, quedando nuestra resistencia de 1K ohms, el diagrama de esta etapa se muestra en la figura 3, si se preguntan el porqué de esta corriente es porque hay microcontroladores que su voltaje mínimo de un 1 lógico a la salida es de 2.3v y si usamos este criterio entonces cuando conectemos un microcontrolador que de este voltaje, la tarjeta de potencia no podrá polarizar al fototriac (el fotoreceptor del optoacoplador), de tal manera que es bueno contemplar este dato para futuras tarjetas donde el voltaje del microcontrolador a la salida sea de 2.3-2.7v etc. Sin embargo, no quiere decir que la tarjeta diseñada en este artículo solo sirva para señales de 5v sino que puede seguir funcionando correctamente con salidas de 3.3v de los microcontroladores ya que este voltaje es más comercial y para prueba la mayoría de FPGA's trabajan con estos voltajes de unos lógicos.

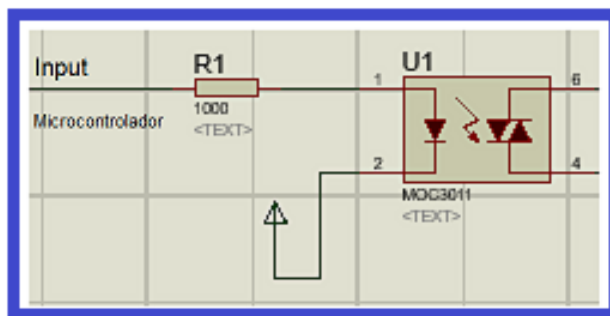


Figura 3. Diagrama del Optoacoplador MOC3011

Una vez que el led es activado mediante un valor lógico constante o pulsante de un microcontrolador lo que hace el fotoemisor del optoacoplador MOC-3011 es dejar conducir la corriente en este lado del optoacoplador ya que como se muestra en la figura anterior en esta parte del MOC-3011 se encuentra un fototriac que al activarse deja pasar la corriente en forma bidireccional del siguiente sistema o circuito donde ya podemos hacer el diseño de la etapa de potencia porque ya tenemos aisladas la etapa del microcontrolador con la etapa de potencia.

Para la etapa de potencia se utiliza un TRIAC Q2004L3-D1 (JAMECO ELECTRONICS, 2010), como se puede observar en su datasheet el voltaje máximo que soporta es de 200v RMS del voltaje en CA suministrado y la corriente de activación máxima del TRIAC en su pin Gate es de  $I_{GT}=10\text{mA}$  y su corriente máxima que puede soportar es de 4A. Ahora se procede a calcular la resistencia de esta etapa que active al TRIAC para que se polarice y comience a circular la corriente alterna activando el actuador o la carga de CA a conectar, para el cálculo de la Resistencia Gate, se necesita el voltaje de Gate y su corriente de activación del TRIAC que es de  $V_{GT}=2\text{V}$  y  $I_{GT\text{ máxima}} = 10\text{mA}$  por lo que  $R_{GT} = V_{GT}/I_{GT} = 200\text{ ohms}$ , si quisiéramos activar la señal de CA en un determinado ángulo ya no se utiliza el voltaje de Gate ( $V_{GT}$ ) si no el Voltaje de la señal que se adquiere de la formula  $V_s=A*\sin(\theta)$  por lo que, si quisiéramos activar la señal en un ángulo de  $60^\circ$ ,  $V_s=110*\sin(60)=95.26\text{v}$  se usa  $A=110$  porque esta es la amplitud de la toma de corriente alterna en México con una frecuencia de 60 Hz continuando, la resistencia que se usa para activar la señal a este ángulo sería  $R_{GT}=V_s/I_{GT}= 9526.27\text{ohms}$ , bien si quisiéramos saber cuál es el ángulo con el que se activa nuestra señal con una resistencia de 200 ohms se calcula de la siguiente manera  $\theta=\sin^{-1}(V_s(0^\circ)/V_{GT})$ , dándonos como resultado  $\theta=1.0418^\circ$  utilizando casi toda la señal, el circuito eléctrico de un TRIAC conectado con el optoacoplador se muestra en la figura 4. Por ultimo calculamos la potencia máxima con la que nuestra etapa de potencia puede trabajar esta potencia se calcula con  $W=V_s*I_T$ , por lo que  $V_s=110\text{v}$  o si usaste el método de activación en cierto ángulo será el  $V(\theta)$  y  $I_T=4\text{A}$  quedándonos una potencia máxima para la carga a conectar de 440 watts. Una vez obtenidos todos nuestros componentes y obtenidos el diagrama completo de conexión de una etapa de potencia procedemos hacer el diseño de la tarjeta de potencia, para ello creamos nuestro esquemático con 4 etapas de potencia independientes pero conectadas en un mismo diagrama vea figura 5. Después generamos nuestro PCB Layout figura 6 y por último se construye la tarjeta de potencia con todos los componentes como se ve en la figura 7, observación no hay una resistencia comercial de 200 ohms por lo que se usó una resistencia de 220 ohms.

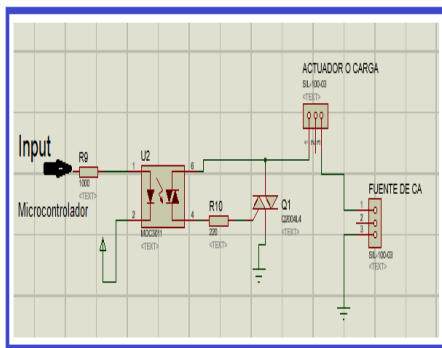


Figura 4. Diagrama de una Etapa de Potencia

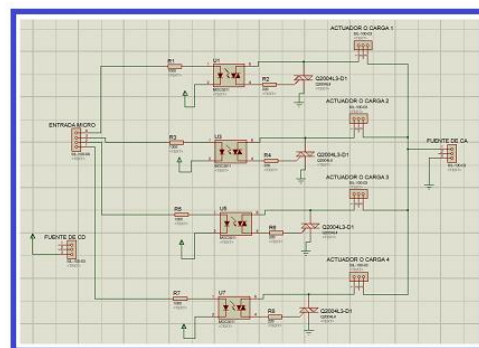


Figura 5. Esquemático de la Tarjeta de Potencia

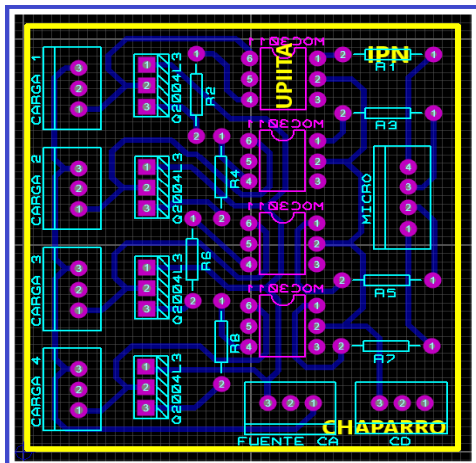


Figura 6. PCB de la Tarjeta de Potencia

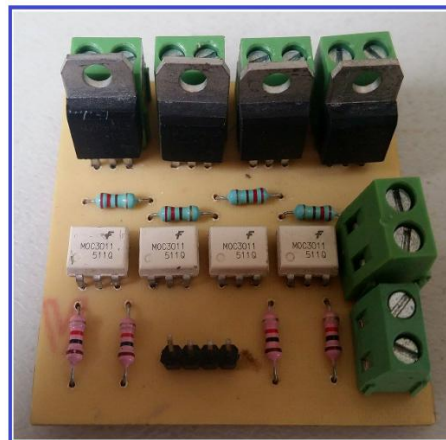


Figura 7. Tarjeta de Potencia para 4 Cargas de CA

### III. Resultados

Ya que tenemos nuestra tarjeta de potencia solo nos queda hacer unas pruebas para comprobar su correcto funcionamiento, estas pruebas constan de conectar la tarjeta de Potencia a un microcontrolador, pero para fines prácticos la conectaremos a un Arduino Mega 2560 y a una FPGA (NEXYS 2) las cuales encenderán 4 cargas de corriente alterna pero como se mencionó en el artículo estas no pueden ser mayores a 440 watts de potencia he incluso aconsejo dejar una tolerancia mínima del 10% menor a su potencia máxima para la que está diseñada nuestra tarjeta de potencia, es decir que solo podremos trabajar con cargas del 90% de la potencia máxima soportada en tal caso esta tarjeta soporta cargas de aproximadamente 400 watts y en caballos de fuerza mecánica (HP) es un poco más de medio HP, el funcionamiento de la tarjeta de potencia se muestra en el siguiente link y en la figura 8 se muestra la etapa de potencia conectada a un Arduino Mega 2560 y con todos los accesorios que se le añadieron para una fácil utilización de la misma pero aun sin conectarlo y sin cargas de corriente alterna.

<https://youtu.be/OhNMoOM8KXc>



Figura 8. Conexión de la Tarjeta de Potencia para poder ser utilizada

#### IV. Conclusiones

Retomando la importancia que es la etapa de potencia en cualquier proyecto y sobre todo el aislamiento de sistemas, no podemos dejar a un lado las opciones que nos ayuden a controlar de un sistema digital, un sistema de potencia y para esto es necesario acudir siempre a estos dispositivos de aislamientos de tierras o de aislamiento eléctrico como lo hacen los optoacopladores ya que no hacer uso de estos dispositivos se corre el riesgo de un mal funcionamiento si es el mejor de los casos, de lo contrario pasaríamos a dañar nuestro microcontrolador ya que estos no están diseñados para suministrar grandes cantidades de corriente y menos dar una señal senoidal como nos la ofrece la toma de corriente que da CFE, por lo que llevaría a un daño irreversible si se conectaran de una forma incorrecta, en la imagen 9 muestro la conexión correcta de la tarjeta de potencia a una FPGA y a sus cargas de corriente alterna.



Figura 9. Conexión de la Tarjeta de Potencia con cuatro cargas de Corriente Alterna

Como se hizo mención en el artículo la potencia que soporta nuestra tarjeta de potencia es directamente proporcional a la corriente de conducción  $I_T$  que soporta el TRIAC que nosotros ocupamos para crearla, ya que hay muchos tipos de TRIAC desde los que van de 200 volts y hasta los 1000 volts en RMS y a su vez soportan corrientes de 0.8 Amperes y hasta los que soportan una corriente de 35 Amperes. Quedando en claro que esta tarjeta fue diseñada para soportar potencias de hasta medio caballo de potencia mecánica, seleccionando así el TRIAC Q2004L3-D1 que me da una potencia máxima de 440watts y yo solo usare hasta medio HP que son 372.85 watts, y esto me deja una tolerancia del 15.26%, logrando un trabajo sin preocupaciones de calentamiento o avería del TRIAC utilizado.

---

## V. Referencias

- Arthur, W. (1989). *Microprocesadores, Dispositivos Optoelectronicos, Perifericos y de Interfaz. Serie de Circuitos Integrados*. México: Mc. Graw Hill.
- JAMECO ELECTRONICS. (2010). Obtenido de <http://datasheet.octopart.com/Q2004L3-Littelfuse-datasheet-8199006.pdf>
- Louis, B. R. (1998). *Electronica y Teoria de los Circuitos*. México : Prentice Hall Hispanoamericana.
- Mergarejo, J. (30 de Junio de 2012). *SCR y TRIAC*. Obtenido de <http://electronicapractica2012.blogspot.mx/2012/06/scr-y-triac.html>
- OPTOELECTRONICS. (2010). Obtenido de <http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/QT/MOC3012.pdf>
- Riedel, J. W. (2005). *Circuitos Eléctricos*. Madrid: Pearson Educacion S.A.
- Santiago Acha, M. A. (2007). *Eléctronica Digital Logica Dgital Integrada*. México : Alfaomega Grupo Editorial S.A. de C.V.